


**SYSTEM ZUR STEUERUNG EINER BRENNKRAFTMASCHINE**

**Patent number:** DE4214648  
**Publication date:** 1993-11-04  
**Inventor:** BIRK MANFRED DIPL ING (DE); KERN CHRISTOPH (DE)  
**Applicant:** BOSCH GMBH ROBERT (DE)  
**Classification:**  
- **international:** F02D45/00; F02D43/00; F02D41/38; F02D41/14  
- **european:** F02D41/38; F02D41/00D4  
**Application number:** DE19924214648 19920502  
**Priority number(s):** DE19924214648 19920502

**Also published as:** JP6026383 (/

Abstract not available for DE4214648

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide



①⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 42 14 648 A 1**

⑤① Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**F 02 D 45/00**  
F 02 D 43/00  
F 02 D 41/38  
F 02 D 41/14

⑳ Aktenzeichen: P 42 14 648.8  
㉑ Anmeldetag: 2. 5. 92  
㉒ Offenlegungstag: 4. 11. 93

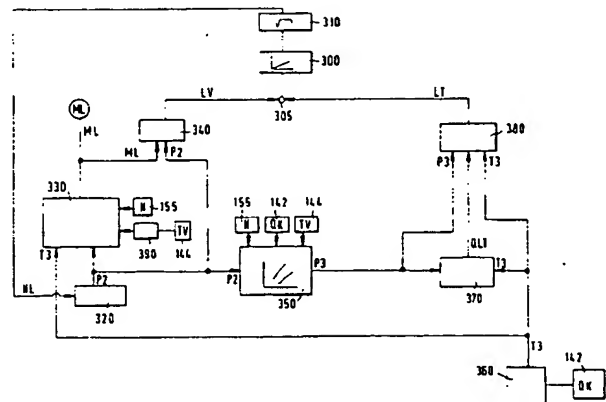
DE 42 14 648 A 1

㉗ Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

㉘ Erfinder:  
Birk, Manfred, Dipl.-Ing., 7141 Oberriexingen, DE;  
Kern, Christoph, 7000 Stuttgart, DE

⑤④ System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine

⑤⑦ Es wird ein System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, die einen Turbolader (130, 115, 132) sowie Mittel (138) zur Abgasrückführung umfaßt beschrieben. Dieses System umfaßt Mittel zur Bildung eines Luftmengensignals (ML), ausgehend von der Drehzahl (N), der einzuspritzenden Kraftstoffmenge (QK), einem Abgasrückführsignal (ARFR) und einem Vergleich der Leistung (LV) des Verdichters und der Leistung (LT) der Turbine.



BEST AVAILABLE COPY

DE 42 14 648 A 1

## Beschreibung

## Stand der Technik

Die Erfindung betrifft ein System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine gemäß dem Oberbegriff des unabhängigen Anspruchs. Ein solches System ist aus der DE-OS 39 25 877 bekannt. Dort wird ein System zur Steuerung einer Dieselmotorkraftmaschine beschrieben, bei der der Ladedruck bzw. die angesaugte Luftmenge nicht unmittelbar mit einem Sensor erfaßt, sondern mit einer sensorunabhängigen Simulation berechnet wird. Diese Simulation gibt die angesaugte Luftmenge abhängig von der Drehzahl und der einzuspritzenden Kraftstoffmenge vor.

Desweiteren ist aus der nicht vorveröffentlichten DE-OS 4 20 754 ebenfalls ein System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine bekannt. Bei dem dort beschriebenen System wird zur Berechnung eines Luftmengenistwertes ebenfalls eine Simulation verwendet, die die Kraftstoffmenge, die Drehzahl und die Abgasrückführrate berücksichtigt.

## Aufgabe der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein System zur Steuerung der Brennkraftmaschine bereitzustellen, das die angesaugte Luftmenge möglichst exakt bestimmt. Dieses System soll auch für Brennkraftmaschinen, die eine Abgasrückführung sowie einen Lader besitzen, verwendbar sein. Um ein kostengünstiges System zu erhalten, sollen möglichst wenig Sensoren eingesetzt werden.

## Vorteile der Erfindung

Die erfindungsgemäße Einrichtung ermöglicht gegenüber dem Stand der Technik eine wesentlich präzisere Steuerung der Brennkraftmaschine in dynamischen Betriebszuständen bei einer geringen Anzahl von Sensoren. Es werden nur Sensoren verwendet, die auch bei der Steuerung der Kraftstoffmenge benötigt werden. Vorteilhaft und zweckmäßige Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.

## Zeichnung

Die Erfindung wird nachstehend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsformen erläutert. Es zeigen die Fig. 1 in grob schematischer Form ein System zur Steuerung einer aufgeladenen Brennkraftmaschine mit Abgasrückführung, Fig. 2 eine detailliertere Darstellung der Mengensteuerung 142, Fig. 3 eine Simulation der Luftmenge, Fig. 4 eine weitere vorteilhafte Anwendung der Simulation in Form eines Kaskadenreglers zur Regelung der Abgasrückführrate und Fig. 5 eine weitere Anwendung der Simulation.

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt grob schematisch ein System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine. Bei diesem Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine Dieselmotorkraftmaschine. Bei einer Dieselmotorkraftmaschine wird das Abgasverhalten durch das erfindungsgemäße System wesentlich verbessert. Das erfindungsgemäße System kann aber auch bei anderen Brennkraftmaschinentypen eingesetzt werden.

Eine Brennkraftmaschine 100 erhält über eine Frischluftleitung 105 Frischluft zugeführt. Das Abgas wird über eine Abgasleitung 110 abgeleitet. Das Abgas gelangt über eine Turbine 115 in eine Auspuffleitung 120. In der Auspuffleitung 120 ist eine Lambdasonde 125 angeordnet.

Die Turbine 115 ist über eine Laderwelle 132 mit einem Verdichter 130 verbunden, der die durch eine Ansaugleitung 135 strömende Luft der Frischluftleitung 105 zuführt. Über ein Abgasrückführventil 138 stehen die Abgasleitung 110 und die Frischluftleitung 105 in Verbindung.

Desweiteren ist ein elektronisches Steuergerät 140 vorgesehen. Dieses umfaßt unter anderem eine Mengensteuerung 142 und eine Abgasrückführsteuerung 144. Die Mengensteuerung 142 beaufschlagt eine Einspritzpumpe 145 mit Signalen, die abhängig von diesen Signalen der Brennkraftmaschine eine definierte Kraftstoffmenge zumißt. Die Abgasrückführsteuerung 144 steht mit einem elektropneumatischen Wandler 150 in Verbindung. Dieser elektropneumatische Wandler 150 betätigt das Abgasrückführventil 138.

Die Lambdasonde 125 liefert ein Signal an die Mengensteuerung 142 sowie an die Abgasrückführsteuerung 144. Das elektronische Steuergerät 140 steht ferner mit verschiedenen Sensoren 155 und 160 in Verbindung.

Diese Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Der Verdichter 130 verdichtet die über die Ansaugleitung 135 einströmende Luft, die dann über die Frischluftleitung 105 zu der Brennkraftmaschine 100 gelangt. Das die Brennkraftmaschine 100 verlassende Abgas, gelangt über die Abgasleitung 110 zu der Turbine 115 und von dort in die Auspuffleitung 120. Die Turbine 115 treibt den Verdichter 130 über die Laderwelle 132 an. Über das Abgasrückführventil 138 kann die Zusammensetzung der der Brennkraftmaschine zugeführten Luft beeinflußt werden. Die Abgasrückführsteuerung 144 gibt hierzu ein Signal mit einem entsprechenden Tastverhältnis TV an den elektropneumatischen Wandler 150. Bei einem großen Tastverhältnis öffnet das Abgasrückführventil 138 und es ergibt sich eine große Abgasrückführrate. Entsprechend ergibt sich bei einem kleinen Tastverhältnis eine kleine Abgasrückführrate.

Die Einspritzpumpe 145 führt der Brennkraftmaschine 100, die für die Verbrennung notwendige, Kraftstoff-

menge zu. Die Ansteuersignale für die Einspritzpumpe 145 und das Tastverhältnis TV für den elektropneumatischen Wandler 150 werden von dem elektronischen Steuergerät 140 vorgegeben. Hierzu wertet das elektronische Steuergerät 140 verschiedene Signale aus. Dies sind zum einen ein Drehzahlsignal N des Drehzahlsensors 155 sowie ein Lastsignal, das in Form der Fahrpedalstellung von einem Sensor 160 erfaßt wird. Ferner gelangt das Ausgangssignal der Lambdasonde 125 sowohl zu der Mengensteuerung 142 als auch zur Abgasrückführsteuerung 144. Vorzugsweise ist die Lambdasonde 125 so ausgestaltet, daß sie ein der Sauerstoffkonzentration im Abgas proportionales Ausgangssignal liefert.

In Fig. 2 ist eine detailliertere Darstellung der Mengensteuerung 142 ausgeführt. Diese Mengensteuerung 142 umfaßt eine Minimalauswahl 200, der ein Signal bezüglich der gewünschten Kraftstoffmenge QKW sowie ein Signal der höchstzulässigen Kraftstoffmenge QKG zugeführt wird. Mit dem Ausgangssignal der Minimalauswahl 200 wird dann die Einspritzpumpe 145 beaufschlagt. Das Ausgangssignal der Lambdasonde 125 gelangt zu einem Verknüpfungspunkt 205, an dessen zweiten Eingang das Ausgangssignal einer Sollwertvorgabe 210 anliegt. Der Sollwertvorgabe 210 wird das Ausgangssignal des Drehzahlsensors 155 sowie von weiteren Sensoren 212 zugeführt.

Das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes 205 gelangt zu einem Regler 215, dessen Ausgangssignal dann über den Verknüpfungspunkt 220 der Minimalauswahl 200 zugeleitet wird. Dem zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes 220 wird das Ausgangssignal eines Rauchkennfeldes 250 zugeführt. Zu dem Rauchkennfeld 250 gelangt das Ausgangssignal des Drehzahlsensors 155 sowie ein Signal bezüglich der angesaugten Luftmasse ML.

In dieser Figur sind nur die wesentlichsten Elemente dargestellt. Eine ausführlichere Darstellung findet sich in der DE-OS 39 25 877. So können unter anderem noch weitere Sensorsignale ausgewertet werden. Desweiteren kann vorgesehen sein, daß weitere Blöcke, die z. B. eine Leerlaufregelung durchführen, vorgesehen sind. Zur Vereinfachung sind diese Einrichtungen, die nicht zum Verständnis der Erfindung beitragen, weggelassen.

Die Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Ausgehend von der Stellung des Fahrpedals 160 wird ein Kraftstoffmengenwunschsignal QKW vorgegeben. Dieses Signal entspricht der vom Fahrer gewünschten Lastanforderung. Dieses Signal wird in der Minimalauswahl 200 mit der höchstzulässigen Kraftstoffmenge QKG verglichen. Der Einspritzpumpe 145 wird das kleinere dieser beiden Signale zugeführt. Hiermit läßt sich die vom Fahrer gewünschte Kraftstoffmenge auf einen höchstzulässigen Wert begrenzen.

Die höchstzulässige Kraftstoffmenge QKG wird nun wie folgt vorgegeben. Der Regler 215 berechnet ausgehend von der Abweichung zwischen dem tatsächlichen Lambdawert, der von dem Lambdasensor 125 erfaßt wird, und einem Sollwert, der von der Sollwertvorgabe 210 vorgegeben wird, eine höchstzulässige einzuspritzende Kraftstoffmenge. Das Ausgangssignal des Reglers 215 begrenzt also die einzuspritzende Kraftstoffmenge. Da die Abgaslaufzeiten sehr hoch sind, hat dieses System den Nachteil, daß es auf plötzliche Änderungen der Betriebszustände nicht schnell genug reagieren kann. Dies hat zur Folge, daß die Dynamik der Brennkraftmaschine wesentlich verschlechtert oder andererseits die Abgasemissionen in bestimmten Betriebszuständen unzulässig hoch sein können. Diese Nachteile treten insbesondere beim Beschleunigen auf.

Um diese Nachteile auszugleichen, ist eine Vorsteuerung vorgesehen. Diese Vorsteuerung besteht im wesentlichen aus dem Rauchkennfeld 250. In diesem ist die höchstzulässige Kraftstoffmenge abhängig von der Drehzahl und einem Luftmengensignal ML abgelegt. Dieses Luftmengensignal ML gibt die der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmasse an. Mit diesem Wert wird in dem Verknüpfungspunkt 220 das Ausgangssignal des Reglers 215 korrigiert. Bei einer plötzlichen Änderung der Betriebszustände reagiert das Rauchkennfeld 250 sehr schnell. Das Rauchkennfeld 250 nimmt eine Grobeinstellung der höchstzulässigen Kraftstoffmenge vor. Der Regler 215 gleicht nur noch kleine Ungenauigkeiten aus. Die Funktionsweise eines solchen Systems ist in der DE-OS 39 25 877 ausführlich beschrieben.

Üblicherweise wird bei solchen Systemen ein Sensor verwendet, der die Luftmenge ML direkt erfaßt. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß dieser Wert mittels einer Simulation vorgebar ist. Bei Brennkraftmaschinen, die mit einer Abgasrückführung ausgestattet sind, kann das Luftmengensignal ML nicht ohne weiteres simuliert werden. Die erfindungsgemäße Einrichtung gibt nun eine Möglichkeit an, wie diese Simulation des Luftmengensignals bei einer Brennkraftmaschine mit Abgasrückführung ausgestaltet ist.

In Fig. 3 ist eine solche Simulation des Luftmengensignals dargestellt. Diese Simulation beinhaltet ein Modell für den Turbolader.

Einem Integrierer 300 wird das Ausgangssignal eines Verknüpfungspunktes 305 zugeleitet. Das Ausgangssignal des Integrierers gelangt über einen Block 310 zu einer Ladedruckberechnung 320. Das Ausgangssignal der Ladedruckberechnung 320 gelangt zu einer ersten Luftmengenberechnung 330, zu einem Kennfeld 350 sowie zu einer ersten Leistungsberechnung 340. Die Leistungsberechnung 340 gibt ausgehend von dem Ausgangssignal ML der ersten Luftmengenberechnung 330 ein Signal LV an den Verknüpfungspunkt 305. Das Ausgangssignal der Luftmengenberechnung 330 wird als Luftmengensignal ML zum Beispiel dem Rauchkennfeld 250 der Fig. 2 zugeführt. Die erste Luftmengenberechnung 330 steht ferner mit dem Drehzahlsensor 155 sowie mit einer Abgasrückführateberechnung 390 in Verbindung, die ein Abgasrückführsignal ARFR verarbeitet. Ein solches Signal kann z. B. von der Abgasrückführsteuerung 144 geliefert werden.

Ferner gelangt ein simuliertes Abgastemperatursignal T3 zu der ersten Luftmengenberechnung 330. Dieses Abgastemperatursignal entspricht im wesentlichen der Abgastemperatur in der Abgasleitung 110. Das Kennfeld 350 für den Abgasdruck P3 steht ferner mit dem Drehzahlsensor 155 in Verbindung. Das Ausgangssignal des Kennfeldes 350 wird einer zweiten Luftmengenberechnung 370 und einer zweiten Leistungsberechnung 380 zugeführt. Es erhält ferner Signale bezüglich der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK und der Abgasrückführate. Diese Signale entstammen insbesondere der Mengensteuerung 142 und der Abgasrückführsteuerung 144.

Die Abgastemperaturberechnung 360 bestimmt ausgehend von der angesaugten Kraftstoffmenge QK die Abgastemperatur T3, die der ersten Luftmengenberechnung 330, der zweiten Luftmengenberechnung 370 und der zweiten Leistungsberechnung 380 zugeleitet wird. Die zweite Luftmengenberechnung steht ebenfalls mit

der zweiten Leistungsberechnung 380 in Verbindung. Die zweite Leistungsberechnung 380 beaufschlagt den zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes 305 mit einem Signal.

Diese Anordnung arbeitet nun wie folgt. Der Integrierer 300 stellt ein Modell für die Laderwelle dar. Durch Integration der Differenz zwischen der Verdichterleistung LV und der Turbinenleistung LT ergibt sich das Quadrat der Drehzahl NL der Laderwelle 132. In dem Block 310 wird ausgehend von dem Quadrat der Drehzahl NL der Laderwelle 132 der Drehzahlwert NL bestimmt.

Die Ladedruckberechnung 320 berechnet ausgehend von der Drehzahl NL der Laderwelle ein Ladedrucksignal P2. Dieses Ladedrucksignal entspricht im wesentlichen dem Druck in der Frischluftleitung 105. Insbesondere im Bereich kleiner Luftmengen ist der Ladedruck proportional zur Drehzahl NL der Laderwelle. Für den Ladedruck P2 gilt die folgende Gleichung:

$$P2 = P20 + KPN \cdot (NL - NL0)$$

Dabei sind die Größen P20, KPN und NL0 Konstanten, die entsprechend vorgegeben werden. Die Konstante KPN gibt den Zusammenhang zwischen Ladedruck P2 und Drehzahl NL der Laderwelle an. Diese Konstanten können entweder in einem Speicher abgelegt sein, oder sie werden abhängig von Betriebskenngrößen gewählt.

Da zur Berechnung der vom Motor angesaugten Luftmenge ML die Abgasrückführleistung ARFR zu berücksichtigen ist, ist die Abgasrückführleistungsberechnung 390 vorgesehen. Sie steht vorzugsweise mit der Abgasrückführsteuerung 144 in Verbindung. Die Abgasrückführleistungsberechnung 390 berechnet ausgehend von dem Tastverhältnis TV, das von der Abgasrückführsteuerung 144 vorgegeben wird, das Abgasrückführsignal ARFR. Dieses wird im folgenden auch als Abgasrückführleistung ARFR bezeichnet. Die Bestimmung der Abgasrückführleistung ARFR kann mittels einer Kennlinie abhängig vom Tastverhältnis TV, mit dem der elektropneumatische Wandler angesteuert wird, erfolgen. Es kann aber auch vorgesehen sein, daß die Abgasrückführleistung in einem Kennfeld abhängig von verschiedenen Betriebsparametern abgelegt ist. Dies können besonders vorteilhaft die Drehzahl, das Tastverhältnis TV und/oder die eingespritzte Kraftstoffmenge QK sein.

Anstelle des Tastverhältnisses TV kann auch eine entsprechende Größe wie z. B. der Hub des elektropneumatischen Wandlers 150 bzw. des Abgasrückführventiles 138 oder eine auf andere Art gemessene oder berechnete Abgasrückführleistung verwendet werden. Ist eine Regelung der Abgasrückführleistung vorgesehen, so können der Sollwert oder der Istwert dieser Regelung verwendet werden.

Ausgehend von dem Ladedruck P2, der Drehzahl N der Brennkraftmaschine, der Abgasrückführleistung ARFR und der Abgastemperatur T3 gibt die erste Luftmengenberechnung 330 ein Luftmengensignal ML vor. Dieses Signal entspricht der der Brennkraftmaschine 100 zugeführten Luftmenge. Dieses Signal wird den weiteren Steuerkreisen als Luftmengensignal ML zugeleitet. Die Luftmenge ML läßt sich mittels einer entsprechenden Formel unter Verwendung von verschiedenen Konstanten wie z. B. der Gaskonstante berechnen oder sie kann in einem mehrdimensionalen Kennfeld abgelegt werden.

Diese Berechnung kann zum Beispiel gemäß der Formel erfolgen:

$$(1 - ARFR) \cdot (VH + VC) \cdot P2 \cdot N$$

$$ML = \frac{K1 \cdot (K2 + 5/6 \cdot (ARFR \cdot T3 + (1 - ARFR) \cdot (T20 + KPT \cdot (P2 - P20)))}{\quad}$$

Bei den Größen VH, VC, K1, K2, T20 und KPT handelt es sich um Konstanten, die entsprechend vorgegeben werden. Diese werden vorzugsweise in einem Speicher abgelegt. In die Konstante K1 geht die ideale Gaskonstante ein. Die Konstanten VH und VC geben das Hubvolumen und das Kompressionsvolumen des Verdichters an. Die Konstante KPT gibt den Zusammenhang zwischen Ladedruck P2 und der Temperatur T2 nach dem Verdichter an.

Ausgehend von dem Ladedruck P2 und der der Brennkraftmaschinen zugeführte Luftmenge ML, die der durch den Verdichter strömenden Luftmenge entspricht, bestimmt die erste Leistungsberechnung 340 die Verdichterleistung LV. Diese Verdichterleistung LV wird vorzugsweise gemäß der folgenden Formel mit entsprechenden Konstanten berechnet.

$$LV = ML \cdot K3 / K4 \cdot (T20 + KPT \cdot (P2 - P20) - T10)$$

Wobei K3, K4, T20, KPT, P20 und T10 vorgebbare Konstanten darstellen. Die Konstante K4 hängt im wesentlichen vom mechanischen Wirkungsgrad des Turboladers ab. In die Konstante K3 geht die ideale Gaskonstante ein. Die Vorgabe der Verdichterleistung kann auch ausgehend von den obigen Größen aus einem Kennfeld ausgelesen werden.

Am Ausgang der ersten Leistungsberechnung 340 liegt das Signal bzgl. der Verdichterleistung an. Dieses wird in dem Verknüpfungspunkt 305 mit dem Ausgangssignal der zweiten Leistungsberechnung verknüpft. Dieses Vergleichsergebnis entspricht dem Leistungsgleichgewicht und wird zur Berechnung der Drehzahl NL der Laderwelle 132 benötigt.

In der Abgastemperaturberechnung 360 wird ausgehend von der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK, die von der Mengenberechnung 142 vorgegeben wird, die Abgastemperatur T3 vorgegeben. Auch hier besteht in erster Näherung ein linearer Zusammenhang zwischen der eingespritzten Kraftstoffmenge QK und der Abgastemperatur T3. Der Zusammenhang entspricht der folgenden Gleichung:

$$T3 = T30 + KTQ \cdot (QK - QK0)$$

Wobei T30, KTQ und QK0 vorgebbare Konstanten darstellen. Die Konstante KTQ gibt den Zusammenhang zwischen eingespritzter Kraftstoffmenge QK und der Abgastemperatur T3 wieder.

In der zweiten Luftmengenberechnung 370 wird dann ausgehend von dieser Abgastemperatur T3 und dem Abgasdruck P3, ein Massesignal QLT berechnet. Dieses Massesignal ist ein Maß für die durch die Turbine strömende Luftmenge QLT. Der Zusammenhang zwischen Abgasdruck und dem Druck nach der Turbine P4 in der Auspuffleitung 120 läßt sich durch ein Polynom dritter Ordnung darstellen. Es ist aber auch möglich, daß dieser Zusammenhang in einem Kennfeld abgelegt wird.

$$QLT = (P3/\sqrt{T3}) \cdot (A + B \cdot P3/P4 + C \cdot (P3/P4)^2 + D \cdot (P3/P4)^3) \cdot 10^{-3}$$

Anstelle der Größe QLT kann auch das Signal ML verwendet werden. Dadurch kann die zweite Mengenberechnung 370 eingespart werden, ohne daß eine wesentliche Verschlechterung eintritt.

Hierbei sind die Größen A, B, C und D vorgebbare Konstanten. Die Größe P4 ist ein Maß für den Druck hinter der Turbine. Er wird üblicherweise auf einen festen Wert von 105 N/m<sup>2</sup> gesetzt.

In dem Kennfeld 350 ist das Abgasdrucksignal P3 abhängig von der Drehzahl N der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK und der Abgasrückführrate ARFR sowie dem Ladedruck P2 abgelegt. Das Abgasdrucksignal P3 entspricht dem Druck in der Abgasleitung 110. Das Kennfeld 350 enthält den Zusammenhang zwischen dem Ladedruck P2 und dem Abgasdruck P3. Dieser Block stellt die Kopplung zwischen Verdichter und Turbine dar.

Die zweite Leistungsberechnung 380 berechnet die Turbinenleistung LT ausgehend von dem Abgasdruck P3, der durch die Turbine strömenden Luftmenge QLT und der Abgastemperatur T3. Diese Berechnung erfolgt vorzugsweise mittels der Formel:

$$LT = QLT \cdot K5 \cdot T3 \cdot (1 - (P4/P3)^{K6})$$

Hierbei bezeichnen K5 und K6 vorgebbare Konstanten, die von der idealen Gaskonstanten und dem Wirkungsgrad bestimmt werden.

Diese Simulation beschreibt ein nichtlineares Modell, welches aus wenigen Blöcken aufgebaut ist und trotzdem die physikalischen Einflußgrößen Massenstrom, Druck und Temperatur beinhaltet. Die Dynamik wird durch die Laderwelle charakterisiert.

Es wird hiermit ein nichtlineares Modell vorgeschlagen, daß sowohl die Abgasrückführrate als auch die Abhängigkeit des Verhaltens vom Betriebspunkt wiedergibt. Dieses Modell ist relativ einfach aufgebaut. Das Ziel des Modells ist es eine dynamisch gute Simulation der angesaugten Luftmenge zu erhalten. Das Ausgangssignal der Simulation, die Luftmenge ML kann anstatt der mittels eines Sensors gemessenen Größe auch bei Systemen mit Abgasrückführung verwendet werden.

Die wesentlichen Grundgedanken der vereinfachten Simulation sind, daß sich aus der Differenz zwischen der zugeführten Turbinenleistung und der verbrauchten Verdichterleistung die kinetische Energie der Laderwelle ergibt. Ausgehend von dieser ergibt sich das Quadrat der Drehzahl NL der Laderwelle.

Der Ladedruck P2 hängt in erster Näherung linear von der Laderdrehzahl ab. Über ein Kennfeld 350 ergibt sich ausgehend von der Drehzahl, der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK, der Abgasrückführrate ARFR und dem Ladedruck P2 der Abgasdruck P3. Ausgehend von der durch den Verdichter strömenden Luftmenge ML wird schließlich die vom Verdichter aufgenommene Leistung LV berechnet. Entsprechend wird aus der durch die Turbine strömenden Luftmenge QLT die der Turbine zugeführte Leistung berechnet. Hiermit läßt sich die angesaugte Luftmenge ML abhängig von den Eingangsgrößen, einzuspritzenden Kraftstoffmenge, Drehzahl N und Abgasrückführrate berechnen.

Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, daß bei der Bestimmung der angesaugten Luftmenge ML die Abgasrückführung sowohl im Blick auf das stationäre Übertragungsverhalten als auch auf das dynamische Verhalten berücksichtigt werden kann. Die arbeitspunktabhängige Dynamik wird durch das nichtlineare Modell ebenfalls richtig wiedergegeben.

Eine weitere vorteilhafte Anwendung des Systems ist in Fig. 4 dargestellt. Hierbei handelt es sich um einen Kaskadenregler zur Regelung der Abgasrückführrate. Diese Anwendung entspricht einer Ausgestaltung der Abgasrückführsteuerung 144. In einem Kennfeld 400 ist ausgehend von der Drehzahl N und der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK ein Sollwert für die Luftzahl  $\lambda$  abgelegt. Dieser wird in dem Verknüpfungspunkt 410 mit dem Ausgangssignal des Lambdasensors 125 verknüpft.

Die Differenz wird dem ersten Regler 420 zugeleitet. Dessen Ausgangssignal gelangt zu dem Verknüpfungspunkt 425 wo es mit dem Ausgangssignal der Simulation 440 verknüpft wird. Die Differenz dieser beiden Signale gelangen zu dem zweiten Regler 430, der ein Ausgangssignal TV zur Ansteuerung des elektropneumatischen Wandlers 150 abgibt.

Diese Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Ausgehend von der Drehzahl und der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK ist in dem Sollkennfeld 400 die Luftzahl  $\lambda$  abgelegt. Diese wird in dem Vergleichspunkt 410 mit der von dem Lambdasensor 125 erfaßten Luftzahl verglichen.

Dieses Vergleichsergebnis wird dem ersten Regler 420 zugeleitet. Dieser Regler hat vorzugsweise wenigstens integrales Verhalten. Bei diesem Regler 420 handelt es sich um einen Lambda-Regler, der den Lambdawert des Abgases auf den vom Sollkennfeld 400 vorgegebenen Sollwert einregelt.

Der erste Regler 420 stellt den Sollwert für den zweiten Regler 430 bereit. Bei diesem Signal handelt es sich um einen Wert für die der Brennkraftmaschine zuzuführende Luftmenge ML. Dieser Sollwert wird dem Verknüpfungspunkt 425 zugeleitet. Am zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes 425 steht das Ausgangssignal der Simulation 440 an. Diese Simulation berechnet ausgehend von verschiedenen Größen, wie z. B. der einzuspritzenden Kraftstoffmenge QK und der Drehzahl N und einem Signal ARFR bzgl. der Abgasrückführrate den Istwert für die angesaugte Luftmenge ML.

Vorzugsweise wird die der Brennkraftmaschine zugeführte Luftmenge mittels einer in der Fig. 3 dargestellten Simulation bestimmt. Dies bedeutet das Ausgangssignal ML der Luftmengenberechnung 330 wird dem Verknüpfungspunkt 425 zugeführt. Das Ausgangssignal des Verknüpfungspunktes 425 wird dem zweiten Regler 430 zugeleitet. Dieser zweite Regler besitzt vorzugsweises P oder PT-Verhalten. Bei dem zweiten Regler 430 handelt es sich dann um einen Luftmengen-Regler. Er bildet dann die Stellgröße zur Beaufschlagung des elektropneumatischen Wandlers 150.

Durch die Kombination des Lambdaregelkreis mit der Simulation, ist durch die Vorsteuerung über die beschriebene Simulation ein dynamisch gutes Regelverhalten möglich. Dies bedeutet, daß die Abgasrückführung unmittelbar auf sich ändernde Betriebszustände, wie eine erhöhte Last, reagiert. Die Simulation bewirkt ein sehr gutes dynamisches Verhalten. Die statische Genauigkeit wird durch einen überlagerten Regelkreis erzielt.

Eine weitere Anwendung ist in Fig. 5 dargestellt. Eine Sollwertvorgabe 500 steht über ein Verknüpfungspunkt 505 mit einem Regler 510 in Verbindung. Der Regler 510 beaufschlagt den elektropneumatischen Wandler 150 über einen Verknüpfungspunkt 515 mit einem Signal TV zur Einstellung der Abgasrückführrate. An dem zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes 515 liegt das Ausgangssignal einer Vorsteuerung 530. An dem zweiten Eingang des Verknüpfungspunktes 505 liegt das Ausgangssignal einer Istwertvorgabe 520. Die Istwertvorgabe 520 ist zum einen mit dem Lambdasensor 125 als auch mit weiteren Sensoren 525 verbunden.

Diese Einrichtung arbeitet nun wie folgt. Die Sollwertvorgabe 500 erzeugt einen Sollwert für das Signal MLsoll. Dieses wird in dem Verknüpfungspunkt 505 mit dem Ausgangssignal MList der Istwertberechnung 520 verglichen. Das Signal MList wird vorzugsweise aus der mit dem Lambdasensor gemessenen Luftzahl  $\lambda$  berechnet. Ausgehend von dem Vergleich zwischen Soll- und Istwert gibt der Regler 510 eine Stellgröße an den elektropneumatischen Wandler 150.

Bedingt durch die langen Abgaslaufzeiten ist dieser Regelkreis langsam und hat ein schlechtes dynamisches Verhalten. Bei plötzlichen Änderungen der einzuspritzenden Kraftstoffmenge ergeben sich unter Umständen erhöhte Abgasemissionen. Um die Dynamik des Regelkreises zu verbessern ist vorgesehen, daß über den Verknüpfungspunkt 515 die Vorsteuerung 530 eingreift. Diese Vorsteuerung umfaßt eine Simulation, die ausgehend von verschiedenen Betriebskenngrößen die Luftmenge ML vorgibt. Ausgehend von dieser Luftmenge wird dann ein Vorsteuerwert zur entsprechenden Beeinflussung des Abgasrückführstellwerkes ausgegeben. Vorzugsweise wird für diese Vorsteuerung eine Simulation gemäß Fig. 3 eingesetzt.

Diese Vorgehensweise hat den Vorteil, daß der Regler im statischen Betrieb die Abgasrückführung mit hoher Genauigkeit einstellt. Im dynamischen Betrieb stellt die Vorsteuerung die Abgasrückführung mit hoher dynamischer Genauigkeit ein.

Die Simulation gemäß Fig. 3 kann auch noch für weitere Anwendungen eingesetzt werden. Sie kann überall dort verwendet werden, wo ein Signal bezüglich der der Brennkraftmaschine zugeführten Luftmenge benötigt wird, wobei dieses Signal ein sehr gutes dynamisches Verhalten aufweist, wobei aber seine statische Genauigkeit keinen hohen Anforderungen genügen muß.

#### Patentansprüche

1. System zur Steuerung einer Brennkraftmaschine insbesondere einer selbstzündenden Brennkraftmaschine, die einen Turbolader (130, 115, 132) sowie Mittel (138) zur Abgasrückführung umfaßt, **dadurch gekennzeichnet**, daß Mittel vorgesehen sind zur Bildung eines Luftmengensignals (ML), ausgehend von der Drehzahl (N), der einzuspritzenden Kraftstoffmenge (QK), einem Abgasrückführsignal (ARFR) und einem Vergleich der Leistung (LV) des Verdichters und der Leistung (LT) der Turbine.
2. System nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Leistung des Verdichters (LV) ausgehend von einem Ladedrucksignal (P2) und dem Luftmengensignal (ML) vorgebar ist.
3. System nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Leistung der Turbine (LT) ausgehend von einem Massesignal (QLT), einem Abgastemperatursignal (T3) und einem Abgasdrucksignal (P3) vorgebar ist.
4. System nach einem der Ansprüche 1 bis 3, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Luftmengensignal (ML) ausgehend von wenigstens dem Abgastemperatursignal (T3) vorgebar ist.
5. System nach einem der Ansprüche 2 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Ladedrucksignal (P2) ausgehend von der Drehzahl (NL) einer Laderwelle vorgebar ist.
6. System nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Drehzahl (NL) der Laderwelle ausgehend von dem Vergleich der Leistung (LV) des Verdichters und der Leistung (LT) der Turbine vorgebar ist.
7. System nach einem der Ansprüche 2 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Massesignal (QLT) ausgehend von dem Abgasdrucksignal (P3) vorgebar ist.
8. System nach Anspruch 7, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Abgasdrucksignal (P3) ausgehend von dem Abgasrückführsignal (ARFR), der einzuspritzenden Kraftstoffmenge (QK) und der Drehzahl (N) vorgebar ist.
9. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet**, daß ein Regler (510) vorgesehen ist, der ausgehend von dem Vergleich eines Sollwerts mit einem Istwert, eine Stellgröße (TV) zur Beeinflussung der Abgasrückführrate vorgibt, wobei diese Stellgröße ausgehend von dem Luftmengen-

signal (ML) korrigierbar ist.

10. System nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein Regler (215) vorgesehen ist, der ausgehend von dem Vergleich eines Sollwerts mit einem Istwert eine höchstzulässige einzuspritzende Kraftstoffmenge vorgibt, wobei diese höchstzulässige einzuspritzende Kraftstoffmenge ausgehend von dem Luftmengensignal (ML) korrigierbar ist.

5

Hierzu 5 Seite(n) Zeichnungen

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65



FIG. 1

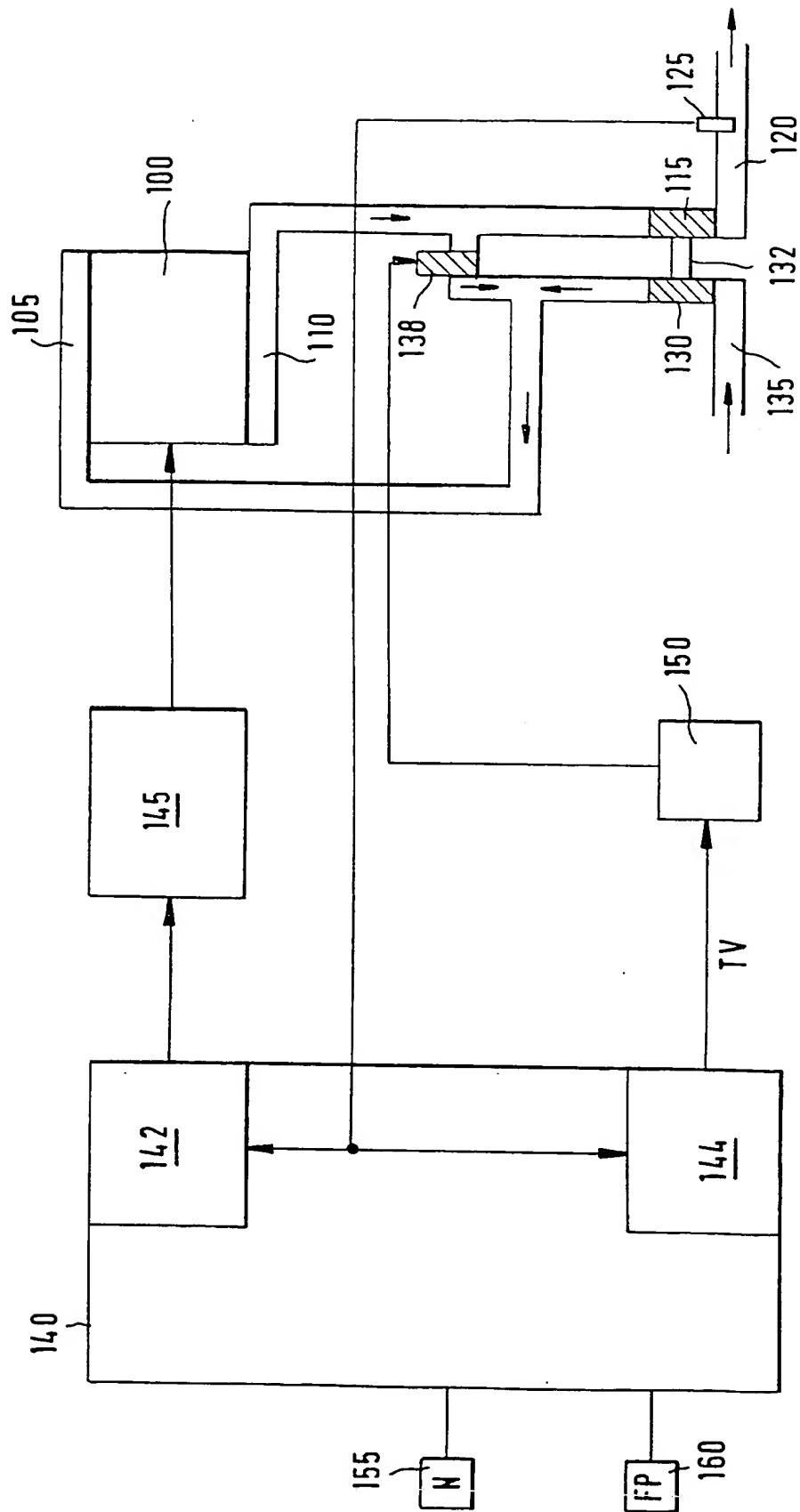
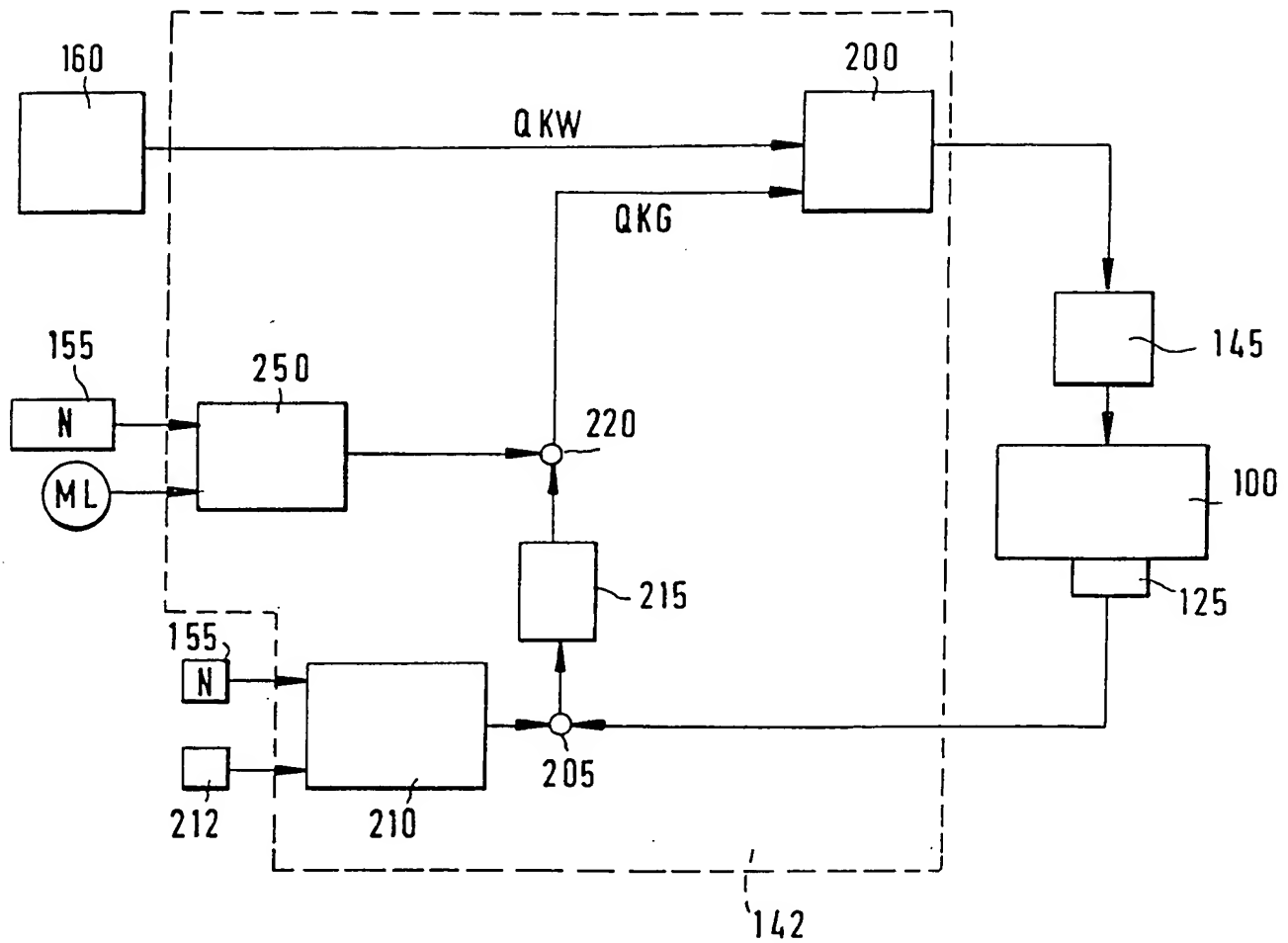
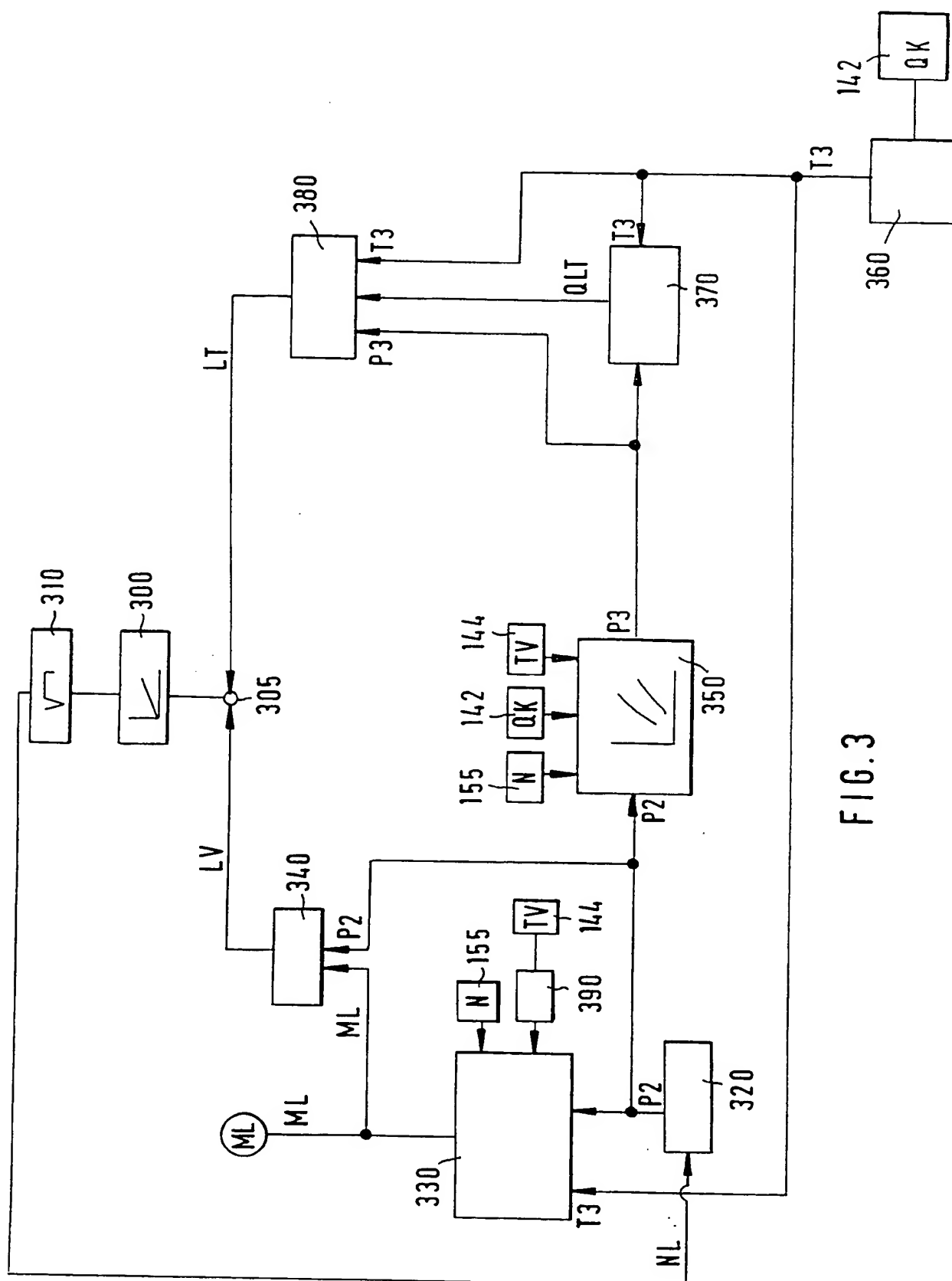


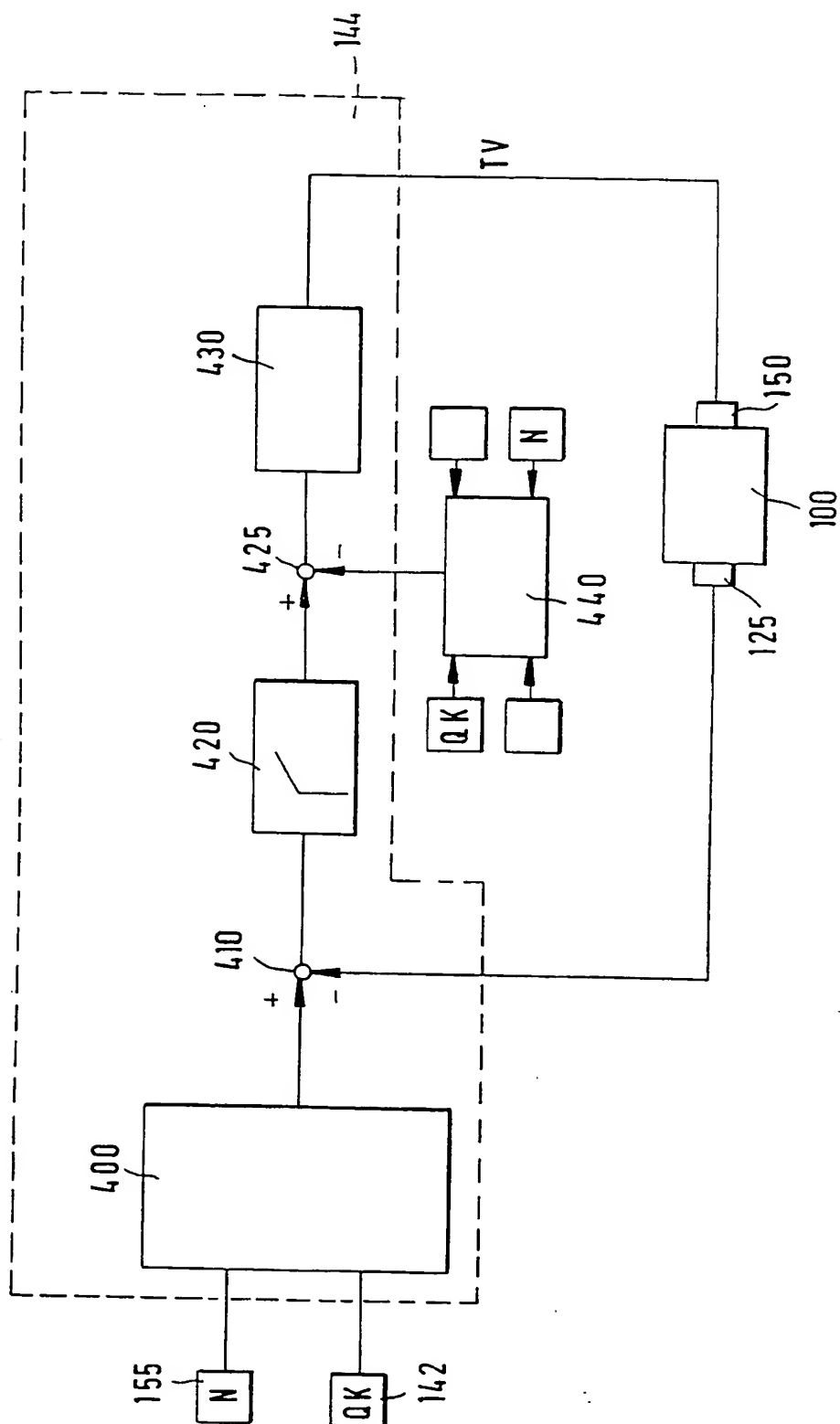
FIG. 2





**FIG. 3**

FIG. 4

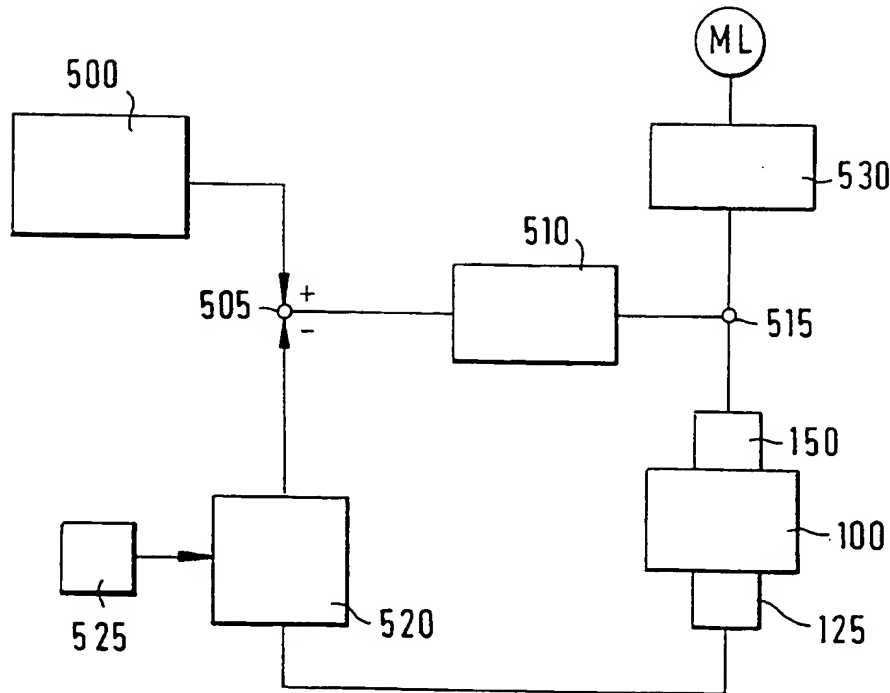


2500.20000

0001.11

0000.01

FIG.5



BEST AVAILABLE COPY